



Økonomisk betydning ved vandbesparende tiltag i mejerisektoren og anvendelsen af ny branchekode for mulige vandbesparelser

Hansen, Emilie Worm; Pedersen, Søren Marcus

Publication date:
2017

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Hansen, E. W., & Pedersen, S. M. (2017). *Økonomisk betydning ved vandbesparende tiltag i mejerisektoren og anvendelsen af ny branchekode for mulige vandbesparelser*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport Nr. 257

IFRO Rapport



Økonomisk betydning ved
vandbesparende tiltag i mejerisektoren og
anvendelsen af ny branchekode for
mulige vandbesparelser

*Emilie Worm Hansen
Søren Marcus Pedersen*

IFRO Rapport 257

Økonomisk betydning ved vandbesparende tiltag i mejerisektoren og anvendelsen af ny branchekode for mulige vandbesparelser

Forfattere: Emilie Worm Hansen, Søren Marcus Pedersen

Faglig kvalitetssikring af rapporten er foretaget af Mikkel Vestby Jensen

Udgivet marts 2017

ISBN: 978-87-92591-78-4

Udarbejdet for Fødevarestyrelsen som del af aftalen mellem Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi og Miljø- og Fødevareministeriet om forskningsbaseret myndighedsberedskab

IFRO Rapport er en fortsættelse af serien FOI Rapport, som blev udgivet af Fødevareøkonomisk Institut. Se hele rapportserien på http://www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/rapporter/

Se også myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg C
www.ifro.ku.dk

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	2
1. Baggrund	3
2. Metode	4
3. Vandforbrug	4
3.1 Cleaning-In-Place rengøringsystem	4
4. Vandkvalitet.....	5
5. Reverse Osmosis-vand.....	6
5.1 UV-stråler	7
6. Scenarier	7
6.1 Basisscenarie	9
6.2 Anvendelse af RO-vand	10
6.3 Vandbesparelse med modstrøm	10
6.4 Opsamlingstanke til genbrugsvand	11
6.5 CIP-rengøring med RO-vand.....	12
6.6 Det vandløse scenarie	12
7. Branchekoder	13
7.1 Anvendelse af branchekoden.....	14
8. Antagelser.....	15
8.1 Vandpriser	15
8.2 Risikovurdering.....	16
8.3 Øvrige antagelser	16
9. Resultater	20
10. Diskussion	21
11. Perspektiv for mejerisektoren	23
12. Konklusion	24
13. Referencer	25

1. Baggrund

Den danske levnedsmiddelsektor anvender ca. 70 mio. m³ vand årligt (DTU, 2012) og udleder samtidig en væsentlig andel i form af spildevand. Ved produktion af mejeriprodukter bruges som udgangspunkt vand af drikkevandskvalitet til rengøring af udstyr samt afkøling af produkter (EF, 2004). Meget af vandet bruges til rensning både med og uden kemikalier ad flere omgange. Der er derfor et stort potentiale for at genbruge vand og derved reducere vandforbruget. Omkostninger til rengøring i fødevareindustrien skønnes at udgøre ca. 20 % af bruttoudgifterne (DTU, 2012). I henhold til midtvejsrapporten "Det vandeffektive mejeri" (Miljøstyrelsen 2015) varierer vandforbruget på mellem 0,7 og 1,8 liter vand pr. kg indvejet mælk til osteproduktion, mens forbruget er lavere ved produktion af frisk mælk. Mælk består af 88 % vand. Med en årlig indvejning af mælk på ca. 5100 mio. liter mælk i 2014 svarer det til, at der blev indvejet ca. 4500 mio. liter vand med mælken. Hertil kan lægges forbruget til rengøring efter transport af mælken. Det er således en betydelig mængde vand og mælkevand, som passerer gennem mejerierne årligt, hvilket også giver potentiale for betydelige besparelser.

På baggrund heraf undersøger Fødevarestyrelsen sammen med Partnerskabet om Det Vandeffektive Mejeri (blandt andet Landbrug og Fødevarer, Thise, Arla og DHI) de teknologiske muligheder for at reducere vandforbruget og genbruge vand i mejerisektoren uden at gå på kompromis med fødevarerens sikkerhed. Et sådant genbrug er dog imidlertid ikke uproblematisk, da der skal gives en godkendelse/vurdering til dette af den stedlige myndighed (EF, 2004). En godkendelse/vurdering gives på baggrund af en risikovurdering, som foretages for den enkelte produktion. Det har derfor været foreslået at lave en branchekode, som dækker forskellige genbrugsscenarier. Herved kan vurdering af genbrugsscenarier løftes fra enkeltvirksomhedsniveau til brancheniveau. Denne lettelse af den administrative byrde for den enkelte virksomhed vil herudover mindske den økonomiske byrde for det enkelte mejeri. På baggrund heraf skulle incitamentet til at begynde at genbruge vand derfor være større.

Fødevarestyrelsen har, efter ønske fra erhvervet, ændret sin administration, så det fremover er muligt at foretage vurderinger af genbrugsscenarier på brancheniveau beskrevet i en branchekode. En sådan branchekode er i skrivende stund under udarbejdelse.

I forlængelse heraf har Fødevarestyrelsen anmodet IFRO om at belyse de potentielle økonomiske konsekvenser ved forskellige vandbesparende initiativer i mejerisektoren, samt belyse en eventuel effekt af en generel branchekode for sektoren med retningslinjer for mulige vandbesparelser.

Formålet med denne rapport er at undersøge de økonomiske konsekvenser af et mere vandeffektivt mejeri, som genbruger, renser og recirkulerer vand og derved mindsker produktionens forbrug af drikkevand.

2. Metode

I denne rapport undersøges flowet af vand gennem et mejeri, en række forskellige scenarier sammenlignes, og årlige omkostninger og økonomiske gevinster holdes op imod hinanden.

Der er opstillet et udgangspunkt; et basisscenarie for, hvordan produktionen på et mejeri ser ud i dag i forhold til forbrug af vand. Dette scenarie sammenlignes med nye scenarier for, hvordan produktionen på et mejeri kan komme til at se ud, hvis der gives tilladelse til genbrug af vand. På baggrund heraf udregnes kapitalværdien for de forskellige vandbesparende scenarier.

Oplysningerne bygger blandt andet på Naturstyrelsen (2013) og Miljøstyrelsens (2015) rapporter "Det vandløse mejeri", midtvejsrapporten fra "Vandeffektive mejerier" og oplysninger fra de deltagende parter i projektet.

Thise Mejeri og Arlas mejeri i Slagelse er valgt som eksempler i denne rapport, da disse mejerier har arbejdet med og forsøgt at genbruge vand i deres rengøringsprocedurer. Der er dog flere muligheder for genbrug af vand på et mejeri, og ikke alle tekniske løsninger er afprøvet i praksis. Der er derfor i rapporten også inddraget mulige tekniske scenarier, som ikke er afprøvet i praksis.

3. Vandforbrug

Der bruges vand til en lang række processer på et mejeri. Rengøring af produktionsudstyret, afkøling af produkter, kedelfødevand til varmeproduktion, rensning af produktet og vandtilførsel til produktet kræver alt sammen vand (Bylund, 2015), men nogle processer er lettere at regulere på, og potentialet for besparelser er derfor større (Naturstyrelsen, 2013). Denne rapport fokuserer på den indvendige rengøring af produktionsudstyret, da der her er stort potentiale for vandbesparelser ved genbrug af vand eller anvendelse af anden type vand end drikkevand.

Indvendig rengøring af produktionsudstyret udføres i dag i et lukket system uden at skille rør og samlinger ad med det såkaldte Cleaning-In-Place system (CIP) for at opnå det mest sanitære resultat og undgå infektion af mælkeproduktet (Bylund, 2015).

3.1 Cleaning-In-Place rengøringssystem

Rengøringssystemet Cleaning-In-Place (CIP) følger en bestemt procedure for at opnå den tilstrækkelige renlighed i rør og tanke. Denne procedure består af 3 eller 5 trin (skylninger), som varierer mellem at skylle med rent vand og kemikalieholdige blandinger, desinficerende eller rengøringsvæsker.

5-trinsmetoden:

- Forskyl: Forskyllet fjerner rester af produkt eller andet snavs. Dette gøres af to årsager; dels for at samle de sidste produktrester op og derved undgå spild; dels for at rense for eventuelle rester, så kemikalierne ikke senere udsættes for restprodukter og derved lettere kan genbruges.
- Ludskyl: Efter forskyllet renses der med lud (base) for at fjerne fedt og lignende.
- Mellemskyl: Mellem ludskyl og syreskyl renses der med vand for at rense basen ud og dermed undgå, at syre og base kommer i kontakt med hinanden, og for at få så meget base som muligt tilbage til genbrug.
- Syreskyl: Syreskyllet rengør for de partikler og komponenter, som basen ikke fik fjernet, eksempelvis proteiner.
- Slutskyl: Slutskyllet renser de sidste rester af rensmiddel ud og sikrer, at rørene er helt rene og uden for kontamineringsfare ved næste brug. Her bruges vand af drikkevandskvalitet, som i slutningen af rensningsprocessen også bør have drikkevandskvalitet (Tamime, 2008).

3-trinsmetoden:

- Forskyl: ligesom i 5-trinsmetoden fjerner forskyllet produktrester og andet snavs.
- Rengøring: rengøringens formål er at opløse snavs og undgå flokkulering af partikler i vandet.
- Slutskyl: slutskyllet fjerner de sidste rester af rengøringsmiddel og efterlader rør og tanke rene og klar til brug.

Begge metoder kan afsluttes med en desinficering, hvis det er nødvendigt. Desinficeringen sørger for, at der bliver bakteriologisk rent (Bylund, 2015). Dette kan opnås enten ved brug af kemikalier eller varme i form af varmt vand, damp eller lignende.

Valget af rengøringsmetode kan variere, alt efter hvor omfattende en rengøring der er nødvendig. Hvis produktet, der rengøres efter, er meget flydende, såsom frisk mælk, vil rengøringen kunne gøres på en anden måde, end hvis det er et tykkere produkt. Det vil sige, at der udføres forskellige rengøringsprogrammer alt efter produktet, og mejerier kan variere mellem 3 og 5 trin i CIP-rengøringen.

4. Vandkvalitet

Kravene til vandkvaliteten for de enkelte skylninger kan opskrives ud fra bilag 1.a-1.d i drikkevandsbekendtgørelsen (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016). Ud fra denne bekendtgørelse er det muligt at opstille en række krav til genbrug af vand i forhold til, hvor i behandlingsprocessen vandet skal anvendes. Der kan eksempelvis være lavere krav til

vandkvaliteten tidligere i rengøringsprocessen, da formålet med disse skylninger typisk vil være at fjerne grove rester, eller rester med en bestemt kemisk sammensætning, men ikke at efterlade rør og tanke fuldstændig rene. Derimod vil der være høje krav til kvaliteten af vand, der ligger sent i processen, da der er højere krav til, hvad der kommer i direkte kontakt med fødevarerne så sent i processen for at undgå kontaminering.

Det er på baggrund af undersøgelser og drikkevandsbekendtgørelsen muligt at opstille krav til de enkelte skylninger. Disse krav vil indgå i den kommende branchekode. Kravet til vandkvaliteten af det vand, der bruges til sluts skyl er højere end kravet til vandkvaliteten af mellemskyl, som igen er højere end kravet til vandkvaliteten af forskyllet. Dette skyldes at rør, tanke, ventiler og andet skal være rene efter sluts skyllet, mens der ved de andre skyl stadig venter nogle processer i rengøringen (Heggum, 2016).

5. Reverse Osmosis-vand

Reverse Osmosis (RO) er en teknologi, der udnytter osmoseprocessen til at udskille vand fra et produkt. Reverse osmosis betyder oversat til dansk 'omvendt osmose'. Hvis en væske er udsat for et tryk større end det osmotiske tryk, vil processens forløb være omvendt i forhold til almindelig osmose, og vandmolekyler vil transporteres væk fra den koncentrerede væske, der udsættes for trykket (Kucera, 2015).

Mælk og mælkeprodukter udsættes for RO for at fjerne noget af vandet i produktet og derved koncentrere mælken. Resultatet af denne proces er mælkevand også kaldet RO-vand. RO-vand er ikke af drikkevandskvalitet og kan heller ikke uden videre klassificeres som drikkevand, da det har oprindelse i mælken og derfor er en produktrest og teknisk set stadig en fødevare (Fødevarestyrelsen, 2015).

RO-processen bliver umiddelbart kun brugt af mejerier, der producerer ost eller pulver, da disse processer kræver opkoncentrering af mælken, inden den videre behandles. Mejerier, der udelukkende producerer flydende og friske mælkeprodukter, har derfor ikke samme incitament til at investere i et RO-anlæg som mejerier, der kan bruge RO-anlæggets egentlige funktion et andet sted i produktionen.

RO-vand kan indeholde salte og andre bestanddele fra mælken (aminosyre, frie fedtsyrer og laktose) (Naturstyrelsen, 2013). Hvis mælkevandet efter RO-processen ikke er rent nok til den tilsigtede anvendelse, kan det enten varmebehandles (pasteuriseres) eller køres igennem en proces kaldet "RO-polishing". RO-polishing er yderligere oprensning af vand, der kun indeholder små mængder af tørstof. Det er dog ikke altid nødvendigt med en yderlig polishing-proces.

5.1 UV-stråler

Hvis vand skal opbevares over længere tid og ikke genbruges lige med det samme, kan vækstforholdene i vandet forårsage, at et ellers uskadeligt omfang bakterier udvikler sig. Dette kan undgås ved at varmebehandle vandet eller udsætte det for UV-stråler. På den måde bliver flere bakterier slået ihjel, og vandet bliver stabilt nok til at kunne opbevares. Denne proces er dog ikke altid nødvendig, hvis vandet anvendes umiddelbart efter genindvinding.

6. Scenarier

Scenarierne, der er opstillet her i rapporten, er udelukkende baseret på genbrug af drikkevand brugt i forbindelse med CIP-rengøringen. Dette skyldes, at der i CIP-rengøringsprocessen er størst potentiale for genbrug og besparelse af vand. Der er dog i nogle scenarier også tale om at anvende den vandige rest fra mælken i form af RO-vand (Naturstyrelsen, 2013). I tabel 6.1 nedenfor er angivet en række mulige scenarier for øget vandeffektivitet på Thise Mejeri, som deltog i et pilotprojekt om vandbesparende initiativer i mejerisektoren.

Tabel 6.1. Eksempler på scenarier for øget vandeffektivitet på Thise Mejeri. De præliminære besparelsepotentialer kan ikke summeres, da der i flere tilfælde er tale om flere forskellige scenarier til samme vandstrøm

De 6 R'er	Antal scenarier identificeret	Eksempler	Præliminært besparelsepotentiale m ³ /år	Status
Reduce	1	- Ved at synliggøre det aktuelle forbrug på enkeltprocesser samt fokus fra ledelse og medarbejdere er det muligt at reducere forbruget med op til 20 %	14.000	Implementeret – afventer dokumentation
Renew	8	- Indsættelse af ”konstant flow” ventiler ved bl.a. pumpekøling. Potentiale afhænger af nuværende manuelle indstillinger, f.eks. 1/3	2.900	Under implementering
		- Fjederbelastede spulehoveder på skylleslanger til hedvand og alm. skyllevand. Potentiale på 1/3.	5.800	Afventer data fra vandmålere
Reuse	15	- Brug af RO-koncentrat på køletårne. Potentiale for fuld udnyttelse	1.450	Under evaluering
		- Ved større vandskub kan en større del erstattes med f.eks. RO valle-permeat. Potentiale på 2/3 af vandforbruget	14.000	Under evaluering
		- Benyt kemivand til opspædning af lud og syre på CIP anlæg. Mulighed for total omlægning	17.000	Potentiale vurderes nærmere i samarbejde med Ecolab
		- Modstrøms CIP. Benytte sluskyll som mellemskyll og mellemskyll som forskyl. Potentiale for fuld udnyttelse.	18.400	Potentiale vurderes nærmere i samarbejde med Ecolab
Recycle	3	- Regenerering af CIP væske via nanofiltrering (potentiale ca. 50 %)	8.500	Potentiale analyseres i projekt med DSS
		- Opsamling og recirkulering af vand til pumpekøling (potentiale ca. 1/3)	5.800	Afventer resultat af projekt med ”konstant flow” ventiler
Reclaim	1	- Avanceret rensning af overskydende RO permeat til drikkevandskvalitet	5.100	Afventer resultat af projekt i regi af Inno-MT
		- Rensning af spildevand med f.eks. MBR-RO-UV til genbrug som teknisk vand	15.000	Afventer projekt med Grundfos Biobooster
Return	1	- Vand brugt ved pumpekøling, kan ledes direkte til recipient	8.700	Afventer resultat af projekt med ”konstant flow” ventiler

Kilde: Miljøstyrelsen (2015)

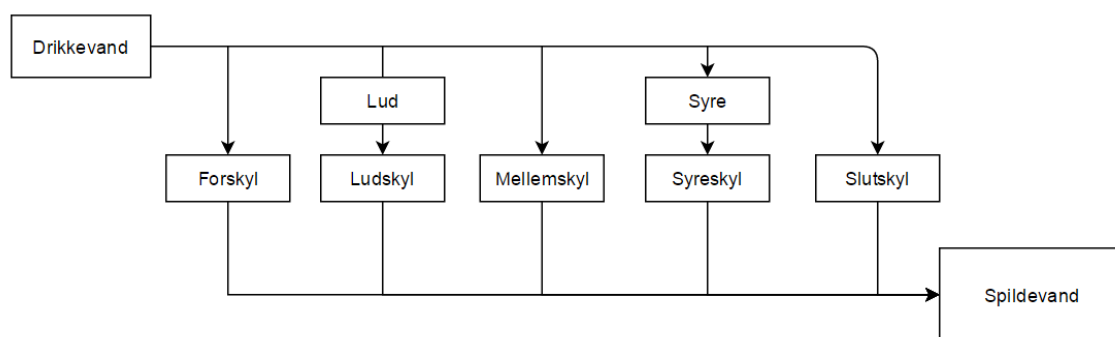
På baggrund af oversigten ovenfor i tabel 6.1 og efterfølgende dialog med en række mejerier samt Landbrug & Fødevarer har vi i det følgende opstillet 5 scenarier foruden basis-scenariet som eksempler på vandbesparelser i mejerierne:

1. Anvendelse af RO-vand
2. Vandbesparelse med modstrøm
3. Opsamlingstanke til genbrugsvand
4. CIP-rengøring med RO-vand
5. Det vandløse scenarie

6.1 Basisscenarie

I basisscenariet (eller den nuværende produktionsform) anvendes alene rent vand (kommunalt vand eller vand fra egen boring) i forbindelse med rengøring, køling og andre processer, og mængden af det tilsvarende spildevand, mejeriet udleder, er derfor stor. Den nuværende lovgivning tillader som udgangspunkt ikke brug af vand af anden kvalitet end drikkevandskvalitet, hvis vandet kommer i kontakt med fødevarer, eller der på anden måde er risiko for kontaminering af fødevarerne (Fødevarestyrelsen, 2014). I basisscenariet er der derfor et højt vandforbrug, da der som udgangspunkt ikke genbruges vand¹. Alt vand, der bruges til CIP-rengøring, er i dette scenarie udelukkende drikkevand.

Figur 6.1. Basisscenariet



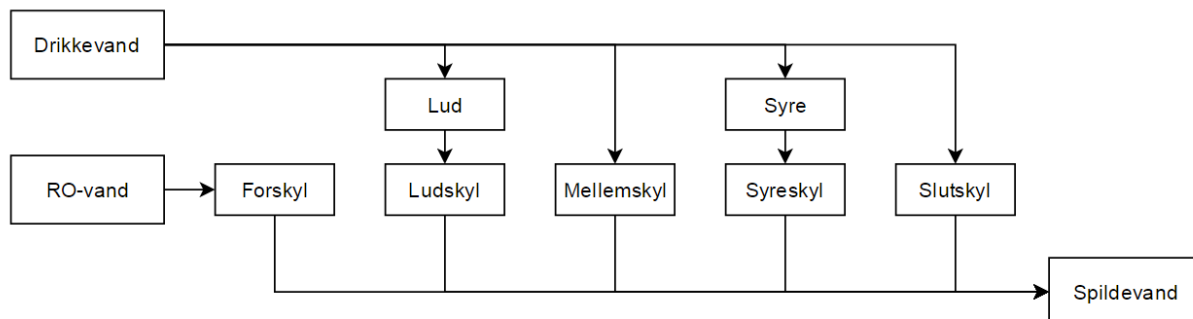
Kilde: Egen fremstilling

¹ Genbrug er muligt, men er ikke udbredt i større omfang

6.2 Anvendelse af RO-vand

I forsøgene til Det vandløse mejeri har Thise Mejeri arbejdet med at kortlægge og forbedre forbruget af vand i mejeriet. Også Thise Mejeri bruger meget vand, mange forskellige steder i mejeriet, og der er derfor flere muligheder for besparelser. Én mulighed er at genbruge vand fra RO-processen i forskyllet.

Figur 6.2. RO-vand



Kilde: Egen fremstilling

Note: Forskyllet udføres med RO-vand i stedet for drikkevand.

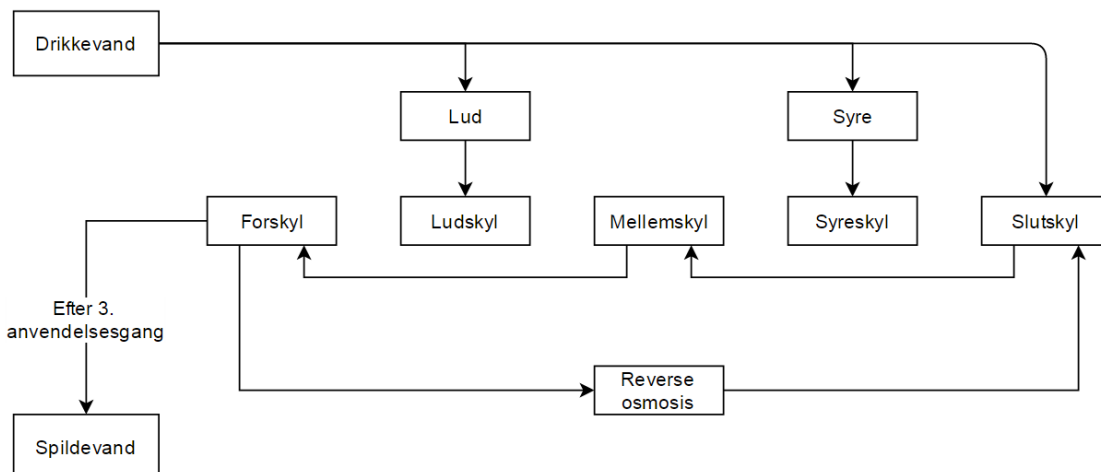
I Thises forsøg med RO-vand spares både prisen for at købe vand fra vandværket og samtidig afledningsafgiften på vandet fra RO-processen, da RO-vandet i stedet anvendes til rengøring, inden det ryger i afløbet.

6.3 Vandbesparelse med modstrøm

Thise Mejeri har også arbejdet med modstrøm, hvilket vil sige, at der er brugt vand fra sluts skyl til mellem skyl og fra mellem skyl til forskyl. Dette kan lade sig gøre, fordi kravene til vandkvaliteten er højere ved sluts skyllet end ved mellem skyllet og højere ved mellem skyllet end ved forskyllet. Thise har derudover også eksperimenteret med at supplere op med RO-vand de steder, hvor der er gået for meget vand tabt i de andre processer (Hegum, 2016).

Ved at lade vandet løbe ”mod strømmen” spares værdien af den mængde rent vand, der skal indkøbes, samt den afledningsafgift, der ellers havde været på spildevandet.

Figur 6.3. Vandbesparelse med modstrøm



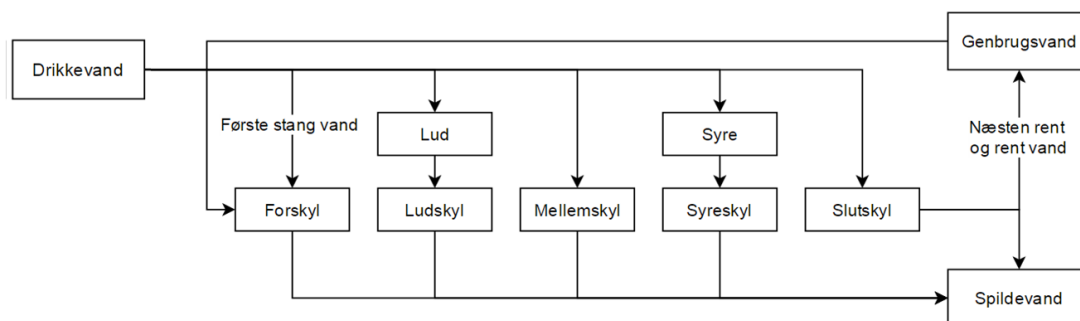
Kilde: Egen fremstilling

Note: Kun slutskyl samt lud- og syreskyl gennemføres med drikkevand, mens for-, mellem- og slutskyl udføres eller suppleres med RO-vand.

6.4 Opsamlingstanke til genbrugsvand

Arla Foods i Slagelse har i forbindelse med renovering og modernisering af en ældre CIP-enhed installeret en opsamlingstanke til det reneste slutskyllevand. Et monitoreringssystem, der er koblet til CIP-enheden, samler den sidste og reneste del af slutskyllet og fører det over i en opbevaringstanke. Dette benyttes derefter som vand til forskyl på næste rengøring af enheden. Dog skylles der igennem med rent vand inden brug af genbrugsvand for at få det overskydende produkt ud (første stang vand). I dette scenarie spares afledningsafgift på det vand, der genbruges, samt anskaffelsesprisen på det vand, der erstattes af genbrugsvand.

Figur 6.4. Opsamlingstanke til genbrugsvand



Kilde: Egen fremstilling efter Arla Foods (Knudsen, 2016)

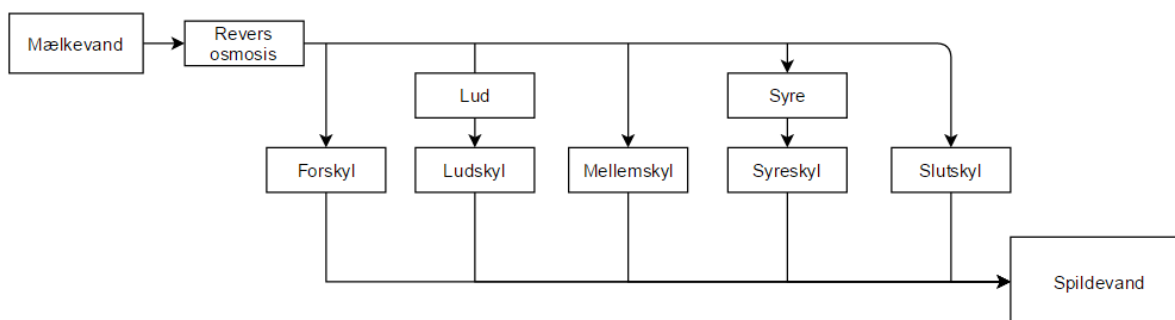
Note: Det sidste vand, som er brugt til slutskyl, samles op og genbruges i forbindelse med forskyllet. De resterende skyl samt det første vand i forskyllet udføres med drikkevandet.

6.5 CIP-rengøring med RO-vand

Et scenarie, som formentlig kunne gøres mere tilgængeligt ved anvendelse af branchekoden, er et scenarie, hvor rengøringsvandet hentes direkte fra mælken (RO-vand). Det problematiske ved scenariet er, at vand hentet i en fødevare stadig anses som en fødevare og derfor stadig er underlagt samme regler som fødevarer. Dette skyldes, at der ikke i EU-lovgivningen tidligere er taget stilling til et sådant scenarie, og der har derfor været usikkerhed om, hvorvidt det er muligt at bruge RO-vand til rengøring.

Ved at bruge RO-vandet til rengøring nedsættes den totale mængde vand, der skal afledes som spildevand, betydeligt. Dette scenarie er altså identisk med basisscenariet, bortset fra at vandet til rengøring er RO-vand og ikke drikkevand. Når store dele eller hele rengøringen sker ved hjælp af RO-vand, sparer man afledningsafgiften på den mængde vand, der genbruges, fordi vandet ellers var sendt i afløbet efter RO-processen. Derudover er det ikke nødvendigt for mejeriet at købe samme mængde vand fra vandværket til rengøring.

Figur 6.5. CIP-rengøring med RO-vand



Kilde: Egen fremstilling

Note: Alle skyl udføres med RO-vand.

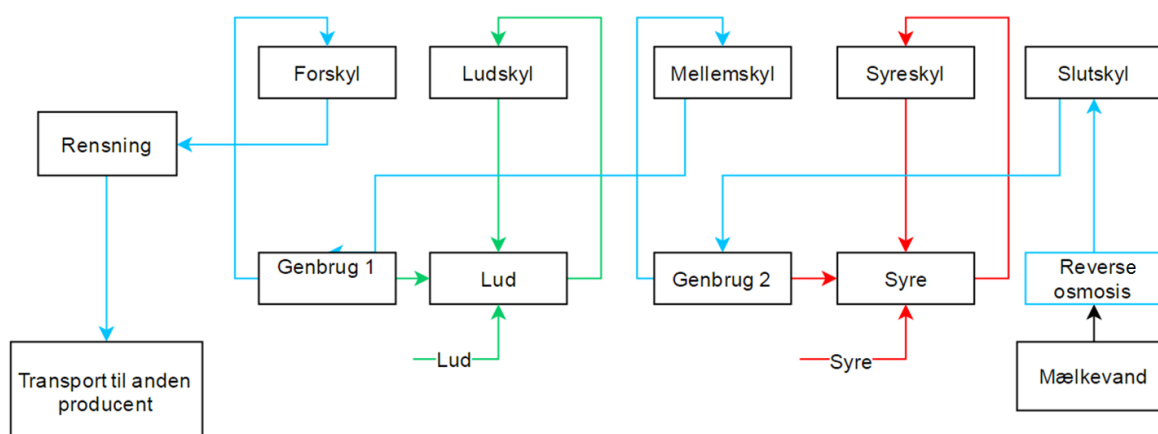
6.6 Det vandløse scenarie

Det vandløse mejeri er defineret som et mejeri, der hverken bruger grundvand eller udleder spildevand men på sigt udleder vand, der kan anvendes andre steder (Naturstyrelsen, 2013). Et vandløst mejeri har altså ingen omkostninger til indkøb af drikkevand eller i forbindelse med afledning af vand efter produktionen, ud over transporten til de firmaer, der skal genbruge vandet. Der vil dog være omkostninger i forbindelse med rensning af det vand, der skal sendes videre til andre producenter. Det vandløse mejeri vil således udelukkende benytte vand hentet fra mælken til de processer, der bruger vand.

Et vandløst mejeri kombinerer brugen af RO-vand og modstrømsprincippet. Det vil sige, at det vand, som er brugt til rengøring af rør og tanke, er hentet fra mælken, og det bruges så mange gange som muligt, inden det ryger i afløbet. Helt optimalt bliver vandet tillige brugt andre steder i mejeriet til eksempelvis udvendig rengøring af gulve eller andre over-

flader, hvis det ikke kan samles op og genbruges med kendt og anvendt teknologi. En anden mulighed er, at det rensede vand sendes videre til en helt anden producent, som så alene eller sammen med mejeriet står for at betale afledningsafgiften på vandet.

Figur 6.6. Det vandløse scenarie



Kilde: DHI – Water Environment Health

Note: Alle skylninger udføres med enten RO-vand eller genbrugt RO-vand.

Det vandløse mejeri genbruger meget vand og har derfor mindre vand at aflede. På sigt og med den rette teknologi vil det være muligt selv at rengøre det vand, der ellers er spildevand, og derved spare afledningsafgiften på spildevandet. Det rengjorte vand kan derefter gives/sælges til en anden producent, eller mejerierne kan selv gøre brug af det andre steder i produktionen. Det vandløse scenarie er primært relevant for mejerier, som producerer ost.

7. Branchekoder

En branchekode er en vejledning til, hvordan producenter skal gennemføre egenkontrol-procedurer for at overholde fødevarerlovreguleringen. Det kan være i forbindelse med produktion, rengøring, opbevaring, transport eller andet, som i sidste ende skal sørge for, at der ikke er risiko for fødevarerens sikkerhed. En branchekode er typisk skrevet af en brancheforening (inden for dette område ville det være Landbrug & Fødevarer) og derefter godkendt af den relevante myndighed (Fødevarestyrelsen).

I hygiejneforordningen (bilag 2, kapitel VII) er der fastsat regler for genbrug af vand. Det er ifølge forordningen ikke tilladt at genbruge vand, der bruges til forarbejdning eller som ingrediens, hvis ikke det er af drikkevandskvalitet, "medmindre den kompetente myndighed er blevet overbevist om, at det ikke udgør en risiko for de færdige fødevarers sundhed" (EF, 2004).

En branchekode for genbrug af vand eller i nogle tilfælde anvendelse af vand hentet fra fødevarer vil, når den er vurderet af Fødevarestyrelsen, give producenterne mulighed for at udføre dele eller hele rengøringen med vand af anden kvalitet og oprindelse end drikkevand. En branchekode for genbrug af vand for mejerivirksomheder vil gennemgå en række kriterier for vandkvalitet til de forskellige processer, der i mejeriet bruger vand. Med udgangspunkt i kriterierne for drikkevand fra drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøstyrelsen, 2015) vil der blive opstillet kriterier, som er relevante for genbrug af vand på mejerier. I disse kriterier vil der blive skelnet mellem, om vandet har direkte eller indirekte kontakt med fødevarerne.

Branchekoden opstiller nogle krav til en HACCP/OPRP-plan (Hazard Analysis Critical Control Point; Operational Prerequisite Program), der skal sørge for, at mejerivirksomheden overholder de opstillede kriterier. Planen skal demonstrere, hvordan produktionen ser ud, gennemgå diverse overvågningsprocedurer og -parametre i produktionssystemet samt forklare, hvordan vandkvaliteten kan kontrolleres i forhold til de forskellige kriterier.

7.1 Anvendelse af branchekoden

Da en branchekode er skrevet af en brancheforening, er branchekoden ikke juridisk bindende. Mejerier kan derfor vælge at følge branchekoden fuldstændigt eller delvist. Branchekoden består blandt andet af en information om de procedurer, branchekoden omhandler, og kan derfor fungere som den redegørende dokumentation, mejerier skal vedlægge som rationale bag deres analyser til certificeringer og andre administrative dokumenter.

Branchekoden er fra Fødevarestyrelsens side ment som et redskab til at gøre vejen til genbrug lettere for store såvel som små mejerier. Branchekoden er en opskrift, der på relevante områder kan følges punkt for punkt og derved sikre, at alle krav opfyldes. En branchekode kan derfor både gøre opgaven med at dokumentere, om de forskellige procedurer er undersøgt for kontaminerings- og andre risici, lettere, men den kan også kræve en del ressourcer, hvis et meget lille mejeri skal bruge for mange ressourcer på at læse, fortolke og implementere den.

En branchekode sikrer, at mejerierne lever op til den danske lovgivning og derved også EU's lovgivning på området. Hvis virksomheden ikke anvender en branchekode, skal de selv udarbejde et egenkontrolprogram, der sikrer, at de overholder fødevarerlovgivningen. Der er dog andre nationale og internationale forbrugerorganisationer, der kræver en anden standard end den danske lovgivning. Mejerierne er derfor nødt til både at leve op til fødevarerlovgivningen og forbrugernes krav, hvis de ønsker at være en del af markedet. Derfor er det ikke sikkert, at en lempelse af kravene til vandkvalitet og lovgivningen om genbrug af vand på mejerier vil medføre den beregnede ændring i vandforbrug. Flere dan-

ske mejerier og specielt Arla opererer både på det danske, men også internationale marked. Det vil sige, at de i forvejen er underlagt en lang række krav fra forskellige aktører i detailledet, både i Danmark såvel som i udlandet.

8. Antagelser

Prisen for vand, både i forbindelse med anskaffelse og afskaffelse (aflednings- og særbidrag), varierer meget fra vandværk til vandværk. Der er fra statens side sat nogle nationale grænser, men disse er laveste værdi, og de fleste vandværk tager derfor en højere pris, fordi specielt afledningsprisen og særbidraget skal afspejle behandlingsomkostningerne for vandværket. Der skal derfor ikke betales samme pris i Slagelse som i Skive.

Derudover er det også forskelligt fra mejeri til mejeri, hvor meget der skal ændres og tilkøbes, for at mejeriet kan implementere de nye ændringer. Installationen af RO-anlæg og tanke afhænger af mejeriets produktionskapacitet og forbrug af vand som ikke er ens for alle mejerier.

8.1 Vandpriser

I denne rapport er det antaget, at priserne for vandforsyning og afledning af spildevand over hele landet er identiske med priserne fra Skive Vand A/S (Skive Vand, 2016), da data brugt i denne rapport som udgangspunkt er fra Thise, der ligger i Skive Kommune. Det antages derfor, at Thise modtager vand fra Skive Vand A/S. Også besparelserne, som Arla Foods i Slagelse opnår, måles i priser fra Skive Vand, for at gøre scenarierne nemmere at sammenligne. Dog er det antaget, at det særbidrag, som mejerierne skal betale yderligere efter det almindelige afledningsbidrag, er identisk med det, som mejeriet i Slagelse betaler. Dette skyldes, at Thise renser sit eget vand og derfor ikke har en værdi for særbidraget, der kan bruges i denne rapport. Det er derfor antaget, at mejerier, der producerer ost og flydende produkter, har samme særbidrag.

Disse antagelser kan påvirke resultatet betydeligt, da afledningspriser og særbidrag varierer meget, alt efter hvor i landet mejeriet ligger, og hvad de producerer. Thise har en lagune og renser på den måde sit eget spildevand, mens Arla Foods i Slagelse har en dispensation til at bruge vand fra egen boring. Da dette ikke er normen blandt mejerier, er besparelserne gjort op i kroner og øre, for at gøre scenarierne så brede som muligt.

I nogle scenarier er besparelsen i drikkevand og spildevand ens. Dette skyldes, at det genbrugte vand skulle være gået i afløbet som spildevand, hvis ikke det var blevet genbrugt. Den mængde vand, der spares afledningsafgift på, er altså den samme mængde vand, der ikke skal betales for at få vand fra vandværket.

8.2 Risikovurdering

Når branchekoden bliver vurderet af Fødevarestyrelsen, vil det ikke længere være nødvendigt for hvert enkelt mejeri at indhente en risikovurdering af deres tiltag til at genbruge vand, såfremt de følger branchekoden.

Det skønnes, at udgifterne til en risikovurdering på et mejeri i forbindelse med godkendelsesprocesserne ved genbrug af vand i deres rengøringsystemer vil udgøre omkring 135.000 kr. afhængig af tilgængeligheden af data, omfang, med videre. Det skønnes samtidig, at vurderingen kan gennemføres på ca. 3 uger (Hansen, 2016).

8.3 Øvrige antagelser

I tabel 8.1 er angivet en række økonomiske antagelser omkring de forskellige scenarier. Ved beregning af kapitalværdien er tidshorisonten sat til 30 år med geninvesteringer for nogle af processerne afhængig af afskrivningsperioden. Det antages, at realrenten som udgangspunkt udgør 5 %.

Det antages, at RO-anlægget afskrives over en kortere periode end investeringer i almindelige opbevaringstanke, da tankene primært opsamler vand af en vandkvalitet, der ligner drikkevand, mens RO-anlæggets membranfiltre udsættes for vandkvaliteter med et større COD-, P- og N-indhold. Vi forudsætter her en afskrivningsperiode på 10 år. Det antages endvidere, at energiforbruget ved et RO-anlæg udgør ca. 2 kWh/m³ rensset mælk, jævnfør tilsvarende tal fra lignende membran-anlæg (Miljøstyrelsen, 2016). Elprisen bygger på en gennemsnitlig elpris på 0,90 kr./kWh. Denne pris vil dog afhænge af forbrugsomfang og kan variere fra 1,4 kr./kWh til 0,60 kr./kWh inkl. PSO-afgifter og afgifter til erhvervsbrugere afhængig af det årlige forbrug (Energistyrelsen, 2015). Udgifter til øvrig service på de enkelte anlæg antages at udgøre 500 kr./time med forskelligt tidsforbrug afhængig af behandlingsscenariet.

Et mejeri vil normalt kun vælge at investere i et RO-anlæg, hvis det er relevant for produktionen at få opkoncentreret mælk eller valle. Hvis ikke mejeriet har nogen nytte af RO-anlæggets primære funktion, er det ikke sandsynligt, at mejeriet vil investere i et RO-anlæg. De steder, hvor en del af produktionen består i at opkoncentrere mælk eller valle, er der i forvejen enten investeret i et RO-anlæg eller anden teknologi med lignende formål (Knudsen, 2016). Investerings- og driftsomkostninger er derfor udgifter, som mejeriet ville have uafhængigt af muligheden for at genbruge vand hentet fra fødevarer. Derimod vil der skulle investeres i tanke og andet udstyr til fremføring af vand, hvis et mejeri med et RO-anlæg skal begynde at genbruge det vand, der i forvejen bliver rensset som en sideeffekt af RO-oprensningsprocessen.

I tabel 8.1 er angivet en række økonomiske antagelser for de 5 vandbesparende scenarier, herunder investeringsudgifter, afskrivningsperiode for de enkelte anlæg, prisen på drikkevand, spildevand samt årlige vedligeholdsudgifter.

Tabel 8.1. Antagelser for de 5 scenarier

	Enhed	Anvendelse af RO-vand ³⁾	Vandbesparelse med modstrøm ³⁾	Opsamlings-tanke til gen-brugsvand ⁴⁾	CIP-rengøring med RO-vand scena-rie ³⁾	Det vandløse scenarie
Produktions-type		Konsum-mælk, andre flydende produkter og ost	Konsummælk, andre flydende produkter og ost	Konsummælk og andre flydende produkter	Konsum-mælk, andre flydende produkter og ost	Konsummælk, andre flyden-de produkter og ost
Anlægska-pacitet Input pr. time. ¹⁾		20 tons mælk i RO-anlæg	2 x 10 tons vandopsam-lingstanke og overløbs-tanke	10 tons vand-tanke	20 tons mælk i RO-anlæg	20 tons mælk RO-anlæg. Og 2 x 10-20 tons vand i tanke plus overløbstanke
Besparelse af drikkevand	m ³ /år	10.510	21.200	7.400 ²⁾	31.200	52.400
Reduktion i spildevand	m ³ /år	10.510	21.200	7.800 ²⁾	31.200	52.400
Pris på grundvand	kr./m ³	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Pris på spil-devand	kr./m ³	20,62	20,62	20,62	20,62	20,62
Årlig bespa-relse af drik-kevand	kr./år	33.100	66.800	23.300	98.300	165.100
Årlig bespa-relse på spil-devand	kr./år	216.700	437.100	160.800	643.300	1.080.500
Investerings-udgifter ⁵⁾	kr.	2.500.000	2.000.000	300.000	3.500.000	5.000.000
Afskrivnings-periode	År	10	30	30	10	(RO-anlæg) 10 år (Øvrige tanke) 30 år
Vedligehold og driftsom-kostninger	kr./år	26.500	20.000	10.000	26.500	26.500
Indkøringstid		1 år	1 år	1 år	1 år	1 år

Kilde: Egen fremstilling.

Note:

- 1) Anlæggene vil ikke nødvendigvis være i funktion i alle døgnets timer, men udnyttelsesgraden afhænger af sæsonen, tidspunkt på dagen og produktlinjer.
- 2) Baseret på tal fra DHI og Thise Mejeri.
- 3) Thise Mejeri. 4) Arla Slagelse Mejeri.
- 5) Eget skøn.

Prisen for rensning af vand, inden det sendes videre til en anden producent, afhænger af de kvalitetskrav, vandet skal møde. Disse kvalitetskrav vil variere, alt efter hvad vandet skal bruges til, og hvornår i en evt. rengøringsproces det skal bruges (Knudsen, 2016). Det er i skrivende stund ikke praktiseret at rense spildevand med henblik på at sælge eller give det videre til en anden producent. Det vandløse mejeri vil på sigt forsøge at opnå fuldstændigt at fjerne udledningen af spildevand, men det er med kendt teknologi endnu ikke muligt uden store finansielle og energimæssige omkostninger.

9. Resultater

Tabel 9.1. Økonomisk effekt ved de 5 scenarier

	Enhed	Anvendelse af RO-vand	Vandbesparelse med modstrøm	Opsamlingsstanke til genbrugsvand	CIP-rengøring med RO-vand	Det vandløse scenarie
Produktionstype		Konsummælk, andre flydende produkter og ost	Konsummælk, andre flydende produkter og ost	Konsummælk og andre flydende produkter	Konsummælk, andre flydende produkter og ost	Konsummælk, andre flydende produkter og ost
Anlægskapacitet Input pr. time.		20 tons mælk i RO-anlæg	2 x 10 tons vand opsamlingsstanke og overløbsstanke	10 tons vandtanke	20 tons mælk i RO-anlæg	20 tons mælk RO-anlæg. og 2 x 10-20 tons vand i tanke plus overløbsstanke
Kapitalværdi ved kalkulationsrente på 5 %.	kr.	-550.800	5.161.000	2.192.400	5.697.000	11.174.300
Kapitalværdi ved kalkulationsrente på 2 %.	kr.	232.400	8.645.300	3.456.100	10.050.700	18.912.900
Årlig gennemsnitlig netto gevinst, ved kalkulationsrente på 5 %	kr.	-35.800	335.700	142.600	370.600	726.900

Kilde: Egen fremstilling

Som angivet i tabel 9.1 vil de potentielle årlige besparelser udgøre mellem -35.800 kr. og 726.900 kr. for de forskellige vandbesparende scenarier. Det første scenarie med anvendelse af RO-vand giver et negativt resultat, men de øvrige scenarier giver et positivt resultat. Ved en lavere rente vil besparelspotentialt alt andet lige være større og med en rente på 2-3 % vil også det rene RO-scenarie resultere i en positiv årlig nettogevinst.

Det er vanskeligt at vurdere den direkte økonomiske effekt ved indførelsen af en branchekode i forhold til det enkelte mejeri, idet nogle mejerier allerede følger en række krav fra

detailed og udenlandske forbrugere omkring krav til produktionen. Disse krav kan ofte være mere omfattende end dem, som indgår i branchekoden. På baggrund heraf vil en branchekode ikke nødvendigvis spare på udgifterne til yderligere risikovurdering. Udgifterne til en risikovurdering udgør 135.000 kr., hvilket svarer til gennemsnitligt 8.800 kr. i reducerede udgifter årligt over en 30-årig periode ved implementering af en vandbesparende teknologi. Hertil kan tillægges værdien af det vand, som årligt spares.

10. Diskussion

Beregningerne ovenfor skal tages med forbehold, idet den reelle investeringsudgift og potentielle besparelse ved vandbesparende teknologier vil afhænge af de lokale forhold, anlæggets dimensioner i forhold til lokalitet, priser på vand, og hvilke øvrige investeringer som er nødvendige i den aktuelle situation.

Mange mejerier har i større eller mindre grad mulighed for at genbruge vand i produktionen. Det kan skyldes, at mejerierne i forvejen har optimeret deres rengøringsprocedurer i forhold til priserne på vand. Det kan også skyldes, at der er krav fra forbrugerne i eller uden for Danmark, der overstiger de krav, den danske lovgivning stiller.

I Danmark er det ikke anskaffelsen af vand, der er det dyreste i forhold til vandforbrug på et mejeri. At komme af med vandet er ofte betydelig dyrere. Dette skyldes, at spildevandet skal behandles, inden det sendes videre ud i vandmiljøet.

I figur 10.1 er angivet kapitalværdien for de forskellige vandbesparende scenarier ved forskellige priser på afledning af spildevand. Som udgangspunkt for basisscenariet er anvendt en pris på ca. 20 kr./m³ afledt spildevand. I dette tilfælde er der en positiv kapitalværdi for alle scenarier undtagen de rene RO-anlæg.

I tilfælde af en prisstigning på afledning af spildevand til 30 kr./m³ vil RO-vand-scenariet også bidrage til en positiv kapitalværdi.

Priserne på spildevand skal alt andet lige under 10 kr./m³, før flere af de øvrige scenarier med kombineret vandbesparelse resulterer i en negativ kapitalværdi.

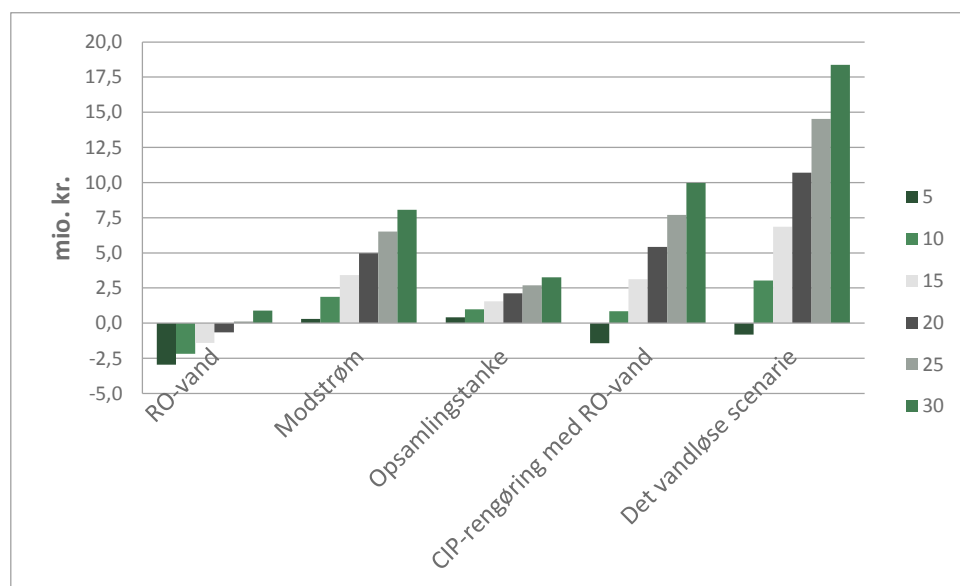
Det er for et mejeri ikke rentabelt at investere i et separat RO-anlæg, hvis ikke anlæggets primære funktion kan bruges i produktionen. Det kan derfor diskuteres, hvorvidt udgiften til anlægget egentlig bør medregnes som en udgift i forhold til vandbesparelser, idet den også dækker andre værdier. Hvis et mejeri producerer ost, vil mejeriet allerede besidde teknologi til at opkoncentrere inputtet. Hvis mejeriet har en teknologi, der er anderledes end et RO-anlæg, men ønsker et RO-anlæg, som muliggør genbrug af vand, kan denne udgift være relevant at medregne, da der i det tilfælde skal investeres i nye anlæg.

I ovennævnte scenarier bygger beregningerne på investeringsudgifter samt geninvesteringer til blandt andet membranfiltre med videre efter 10 år på RO-anlæggene. Der er tillige inkluderet mindre udgifter til drift, herunder udgifter til ekstra energiforbrug til RO-anlægget, men det forudsættes, at energiforbruget er uændret for de øvrige anlæg.

I nogle tilfælde kan investeringsudgifterne blive højere end først antaget, idet der kommer yderligere ændringer i konstruktionen med videre. Ikke desto mindre viser en beregning, at såfremt investeringsomkostningerne fordobles for de enkelte anlæg, vil det stadig være muligt at opretholde en positiv kapitalværdi for de 4 anlæg (undtagen det rene RO-anlæg).

Med udgangspunkt i basisscenariet, hvor mejeriet ikke genbruger vand, er det således muligt at reducere forbrug af vand betydeligt og hermed opnå en økonomisk gevinst ved forskellige tiltag. Det er dog ikke altid aktuelt, idet mange mejerier allerede har optimeret deres vandforbrug og flere steder også genbruger vand i mindre grad.

Figur 10.1. Kapitalværdi for de forskellige vandbesparende scenarier ved priser fra 5-30 kr./m³ afledt spildevand, mio. kr.



Egen fremstilling

Note: Baseret på basisscenarie med en real kalkulationsrente på 5 %.

11. Perspektiv for mejerisektoren

Mejerier kan deles op i følgende kategorier baseret på de produkter, som produceres:

- Flydende/friske produkter (mælk, syrnede produkter)
- Gule oste
- Pulver

Disse tre kategorier har forskellige råvarer, behandlingsprocesser undervejs og rengøringsomkostninger og kan derfor med fordel opdeles. Der er også variationer af rengøringsprogrammer inden for hver af de tre kategorier.

Der produceres kun pulver på et enkelt mejeri i Danmark, nemlig Danmark Protein (Arla). Danmark Protein modtager hovedparten af sit input fra andre Arla-mejerier. Det er derfor begrænset, hvor meget vandforbruget i denne virksomhed kan optimeres.

Som angivet tidligere er genbrug af vand i form af modstrøms-CIP relevant for de fleste typer mejerier, mens genbrug i form af recirkulering af RO-vand umiddelbart kun er relevant for mejerier, der producerer pulver og ost. Dette skyldes, at denne type mejerier i forbindelse med produktionen trækker vand ud af mælkeproduktet, der efterfølgende kan bruges til rengøring andre steder på mejeriet. Der er altså størst mulighed for genbrug, herunder recirkulering af vand hos ostemejerierne, men der er også mulighed for genbrug af vand hos mejerier, der producerer flydende produkter, om end der er tale om mindre vandbesparelse.

Tabel 11.1. Indvejet mælk på mejerier i Danmark

	2012	2013	2014
Indvejet mælk på mejerier (mio. kg)	4915,7	5025,4	5111,78
Tab (Indvejet - total mængde anvendt) (%)	3,2%	4,1%	2,9%
Mælk anvendt til konsummælk med videre (%)	4,8%	4,3%	4,6%
Mælk anvendt til fløde (%)	7,1%	6,0%	6,4%
Mælk anvendt til smør (%)	36,2%	37,9%	37,0%
Mælk anvendt til ost (%)	36,9%	38,9%	41,4%
Mælk anvendt til konserver (%)	11,8%	8,8%	7,8%
I alt	100%	100%	100%

Kilde: Danmarks Statistik (2016)

I følge Danmarks statistik anvendtes gennemsnitligt 76 % af den indvejede mælk på mejerierne i årene 2012-2014 til produktion af ost og smør, mens 11 % gik til konsummælk og resten til produktion af pulver eller et eventuelt tab. Der er med andre ord stor mulighed

for, at de mejerier, der bearbejder de første 76 % af mælken, kan spare vand i form af både RO-vand og andre besparende tiltag. Den primære besparelse ligger i reduktion af afledningsbidraget til spildevand.

12. Konklusion

Formålet med denne rapport var at undersøge de økonomiske konsekvenser af et mere vandeffektivt mejeri, som genbruger, renser og recirkulerer vand og derved mindsker forbruget af drikkevand på mejerierne.

Rapporten opstiller forskellige tekniske scenarier, som viser, at det afhængigt af investeringsniveau og produktionsform i større eller mindre grad giver et positivt resultat at genanvende vand frem for at bruge rent drikkevand i produktionen.

Det største besparelspotentiale findes ved en reduktion af spildevand, og da det for osteproducenter er muligt at genbruge vand fra mælken, ses de største besparelser ved osteproduktion. Der er dog også et økonomisk potentiale og vandbesparelser ved andre produktionsformer på mejerierne.

Der er således en økonomisk gevinst ved at genanvende vand på mejerierne, men da flere mejerier allerede arbejder med tiltag for økonomisk at optimere produktionen, vil størrelsen af den økonomiske gevinst variere fra mejeri til mejeri.

13. Referencer

Bylund, Gösta (2015) *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak International S. A. England. ISBN: 978-9176111321 [tilgængelig online](<http://www.dairyprocessinghandbook.com/chapter/cleaning-dairy-equipment>)

Danmarks Statistik (2016) *Mælkeproduktion og anvendelse efter enhed og tid*, Danmarks Statistik, København Ø [tilgængelig online](<http://www.statistikbanken.dk/ANI7>)

DTU (2012) *Rengøring på slagterier og mejerier i Danmark, Udvikling af fremtidens effektive, ressourcebesparende teknologier*, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

EF (2004) *EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EF) Nr. 853/2004 af 29. april 2004 om fødevarehygiejne (samt senere ændringer L 277 og L 87). Hygiejneforordning*. Bruxelles

Energistyrelsen (2015): *Fakta om elpriser for erhverv og industri*, [tilgængelig online](www.ens.dk)

Fødevarestyrelsen (2014) *Vejledning nr. 9236 af 29. april 2014 om fødevarehygiejne (Hygiejnevejledningen)*. Ministeriet for Landbrug, Fødevarer og Fiskeri. Glostrup.

Fødevarestyrelsen (2015) *Vandressource-effektivitet i danske fødevarevirksomheder – nu og i fremtiden*. Sagsnr.: 2015-28-29-00912. Ministeriet for Landbrug, Fødevarer og Fiskeri. Glostrup.

Hansen, Lisbeth T (2016) Personlig korrespondance, professor ved DTU, National Food Institute, Mørkhøj Bygade 19, Søborg. Tlf.: +45 35 88 62 78.

Heggum, Claus (2016), Personlig korrespondance. Chefkonsulent, Fødevaresikkerhed, veterinære forhold og risikoanalyse, Landbrug og fødevarer, Agro Food Park 13, 8200 Århus N. E-mail: chg@lf.dk, telefon: +45 40 28 65 94. 25.05.2016.

Knudsen, Jan (2016), Personlig korrespondance. Driftsingeniør, Slagelse Mejericenter, Karolinevej 1, 4200 Slagelse. E-mail: jknu@arlafoods.com, telefon: +45 72 14 72 81. 26.05.2016.

Kucera, Jane (2015) *Reverse Osmosis: Design Processes and Application for Engineers*, 2. edition, Scrivener Publishing LLC. ISBN: 9781118639740

Miljøstyrelsen (2015) *Vandeffektive mejerier – et partnerskab på vejen mod det vandløse mejeri*. Midtvejsrapport. Miljøministeriet. København

Miljøstyrelsen (2016): *Membranfiltrering, erfaring og muligheder i dansk vandforsyning*; [tilgængelig online] (<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7614-085-7/html/kap03.htm>)

Miljø- og Fødevareministeriet (2016), *Drikkevandsbekendtgørelsen*, BEK nr. 802 af 01/06/2016, København [tilgængelig online] (<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=180348>)

Naturstyrelsen (2013) *Partnerskab om det Vandløse Mejeri*. Miljøministeriet. København. ISBN: 978-87-92256-50-8

Skive vand (2016), *Takstblad – 2016*, Skive Vand A/S, Skive [tilgængelig online] (<http://www.skivevand.dk/priser/takstblade>)

Tamime, Dr. Adnan (2008) *Cleaning in place: Dairy, food and beverage operations*, third edition, Plackwell Publishing Ltd. England. ISBN: 978-1405155038